

水平振動による振動の感覚的強さと不快感に及ぼす音の影響

Effect of sound on sensation strength and uncomfortable sensation in horizontal vibration

○並木敬祐¹, 松田礼², 町田信夫³*Keisuke Namiki¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida³

Abstract: The purpose of this research is to examine the effect of sound on the vibration sensation in horizontal vibration. The sensation strength and the uncomfortable sensation of vibration when the subjects were exposed to both vibration and sound were measured by psychological questionnaire. Although both the sensation strength and the uncomfortable sensation of vibration increase as the vibration increases, the uncomfortable sensation of vibration tends to decrease with some sound conditions.

1. はじめに

自動車や電車などの乗員は全身振動と音を同時に受ける環境に置かれている。つまり、様々な乗物において、振動が発生している環境では音も同時に発生している複合環境であるといえる。全身振動と音の評価方法は、それぞれ ISO 2631 と ISO 226 で規定されているが、複合環境下における評価方法は定められておらず、その研究例も少ない。

本研究の目的は、人間が振動を受けたときに感じる振動の感覚的強さや振動の不快感を含む振動感覚を対象として、水平振動を全身暴露した時の振動感覚に及ぼす音の影響を明らかにすることである。本報では、被験者に左右方向、または前後方向の水平振動と音を同時に暴露した時の振動感覚を心理学的手法により測定した結果を報告する。

2. 実験概要

被験者に左右方向、または前後方向の水平振動を振動加振機より腰部から暴露した。音はヘッドホンを用いて直接両耳に暴露し、比較のための振動単独の暴露ではイヤーマフを用いて騒音の影響を小さくしている。また、音の大きさを設定するために事前に音量選定実験を行った。

振動条件を Table 1 に示す。振動は左右、前後方向の正弦波振動で、実際の乗り物の振動や人の感度を考慮した、周波数 1,2,4,8 Hz、振動の大きさである振動加速度レベル (VAL) 80,90,100 dB の組み合わせ全 24 条件。また、一部解析には VAL を人の感度に合わせて周波数補正した振動レベル (VL) を用いた。

音条件は Table 2 に示す 3 種類とした。雑音は周波数による強度に差がないホワイトノイズ (WN)、楽音はテンポ 90BPM でテンポ変化の少ない「展覧会の絵～プロムナード～」、変動雑音は WN の騒音レベルを楽音

Table 1. Vibration conditions

振動方向	周波数	VAL		
		左右	80 dB	90 dB
前後				
1 Hz				
2 Hz				
	4 Hz			
	8 Hz			

Table 2. Sound conditions

音の種類		テンポ
雑音	ホワイトノイズ (WN)	—
楽音	展覧会の絵 ～プロムナード～	90 BPM
変動雑音	変動 WN	90 BPM

のテンポに合わせて音圧変動させた雑音 (変動 WN) である。被験者は健康な大学生 10 人である。

3. 音量選定実験

3.1. 実験方法

本研究では、過去に行われた鉛直振動を対象とした研究¹⁾と同様、音量を設定するために、振動と音が同等の大きさに感じる等価騒音レベル (以下、等感覚音) を調べた。Table 1 の振動と Table 2 の音を同時暴露し、被験者に等感覚音になるよう音量を調整してもらった。調整開始音量 ($L_{Aeq,30(s)}$) は、小さい音から調整を開始する上昇系列の場合は 10 dB、大きい音から調整を開始する下降系列の場合は 70 dB とした。

3.2. 実験結果

Figure 1 に左右振動における WN の結果を示す。上昇、下降どちらの系列においても等感覚音は振動レベルと比例関係にあった ($R^2=0.7$ 以上)。また、2つの系列間にはほぼすべての条件で 10~20 dB 程度の差があ

1: 日大理工・院 (前)・精機 2: 日大理工・教員・精機 3: 日大名誉教授

り、*t* 検定による有意差も確認された ($p < 0.05$)。他の条件でも同様の傾向がみられた。

そこで、本研究では等感覚音には 10~20 dB 程度の帯域があると仮定し、上昇系列の音量を「帯域上限」、帯域上限に 10 dB 加えた音量を「音優位 (+10 dB)」, 20 dB 加えた音量を「音優位 (+20 dB)」と定義し、3 種類の音量を音条件に選定した。

4. 振動と音の同時暴露実験

4.1. 実験方法

実験条件は Table 1 振動と Table 2 及び音量選定実験で求めた音を条件とした。1 条件は 30 秒間刺激暴露(振動単独または振動+音)した後、60 秒間アンケート回答・休憩を行う計 90 秒である。被験者の負担を考慮し、連続実験時間は最長 30 分までとした。心理アンケートは振動の感覚的強さを振動刺激に対応した数値 1~100 を割り当てた ME 法にて、振動の不快感を「全く感じない (0)」から「非常に感じる (+6)」を用いた単極 7 段階の評定尺度法にて測定した。

4.2. 実験結果

Figure 2 に VAL100 dB の左右振動に帯域上限の音を暴露した時の振動の感覚的強さの結果を示す。同一振動条件で比較をすると、音の種類や音の有無による差は見られず、各振動条件内での一元配置分散分析の多重比較 ($p < 0.05$) による有意差もみられなかった。故に振動の感覚的強さに及ぼす音の影響は小さいと考えられる。他の条件においても同様の傾向がみられた。

Figure 3 に VAL100 dB の左右振動に帯域上限の音を暴露した時の振動の不快感の結果を示す。同一振動条件で比較をすると、振動の不快感は振動単独と比べいくつかの楽音で減少した。しかし、各振動条件内での一元配置分散分析の多重比較による有意差はみられなかった。また、振動の不快感は全ての音条件にて 2 Hz で最大となった。この結果は、ISO 2631 の水平振動の感覚補正特性に示されている、人の感度が高い周波数域 1~2 Hz と一致する。すなわち、振動を強く感じたために振動の不快感が増加したと思われる。これらの結果は、他の条件においても同様の傾向がみられた。

5. おわりに

- (1) 水平振動による振動の感覚的強さは振動単独と音による差がみられないことから、感覚的強さに及ぼす音の影響は小さいと考えられる。
- (2) 振動の不快感は人の感度が高い 2Hz が最大であったことから、振動を強く感じると増加傾向にある。

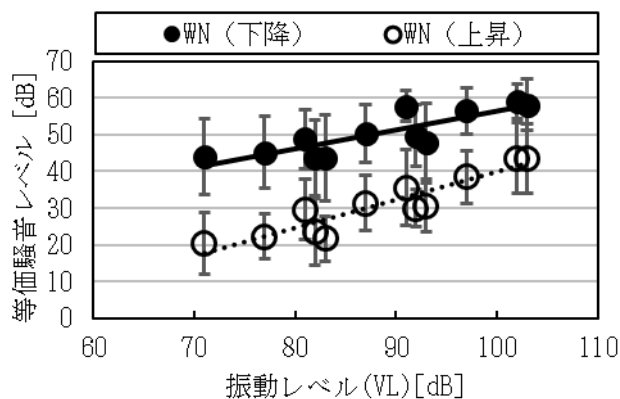


Figure 1. Equivalent sensation level at vibration and sound (Horizontal vibration: Y axis direction)

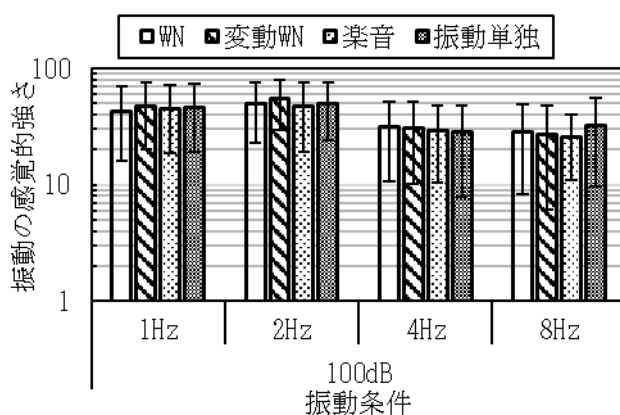


Figure 2. Relationship between sensation strength of vibration and vibration conditions (VAL: 100 dB, Horizontal vibration: Y axis direction, Upper band limit)

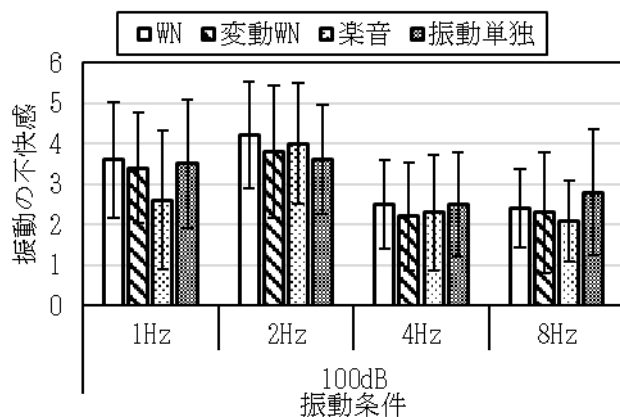


Figure 3. Relationship between uncomfortable sensation of vibration and vibration conditions (VAL: 100 dB, Horizontal vibration: Y axis direction, Upper band limit)

6. 参考文献

- [1]米田, 寺山, 松田, 町田:「鉛直方向の全身振動感覚に及ぼす音の作用に関する研究」, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, pp.245-246, 2016